

明 細 書

電子透かし埋め込み方法、電子透かし検出方法及び装置並びにプログラム

技術分野

[0001] この発明は、ディスプレイなどの表示画面に表示した画像を再撮影して得られる再撮画像から電子透かしを検出することができる電子透かし埋め込み方法、電子透かし検出方法及びこれら方法を使用する装置並びにそのプログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 近年のテレビカメラの性能向上や低コスト化により、ディスプレイなどの表示画面に表示した画像や映像を画質良く再撮影することが容易になってきている。この技術向上は、反面再撮影した画像や映像などの著作物の不正使用の要因にもなっている。例えば、映画館などで上映された映像を直接デジタルカメラで再撮し、DVD(Digital Versatile Disk)などにコピーしたものを違法販売する事件も起こっている。

[0003] このような再撮画像を対象とする電子透かし技術としては、例えば非特許文献1に開示されるものがある。この技術では、電子透かしを埋め込む対象の動画像に対して電子透かしとして時間方向(フレーム方向又はフィールド方向)に輝度変化を施している。

[0004] これにより、著作権情報を電子透かしとして埋め込んでおけば、不正にコピーされた再撮画像からでも上記著作権情報を取り出すことができ、その著作権を主張することができる。これは、再撮影による不正コピーを抑止することにも繋がる。

[0005] 非特許文献1: J. Haitsma and T. Kalker, "A watermarking scheme for digital cinema", ICIP'01 - IEEE, pp.487-489

[0006] 非特許文献1に開示される再撮画像の電子透かし技術では、動画像に対して時間方向(フレーム方向又はフィールド方向)に輝度を変化させることによって再撮画像に対応可能な電子透かしを埋め込んでいる。しかしながら、電子透かしの埋め込み対象の動画像によっては、時間方向での輝度変化によって生じたフレーム画像間の輝

度の違いなどが再生中に明暗部として目視することができてしまうという課題があった。

- [0007] また、電子透かしの埋め込み量を増加させる方法として、フレーム画像(又はフィールド画像)を空間的に複数の領域に分割して分割領域ごとに埋め込みビットに対応する画素値変化を施すことが考えられるが、電子透かしの埋め込み対象の動画像によって画質が劣化してしまうという課題があった。
- [0008] 例えば、フレーム画像などを複数の領域に空間的に分割して分割領域ごとに輝度変調を施す場合、電子透かしの埋め込み対象の画像によっては輝度変調によりフレーム画像上の分割領域に明暗差が生じ、分割領域の境界線が再生中に目視できてしまう。
- [0009] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、再撮画像に対応可能な電子透かしを画質を劣化させることなく埋め込むことができ、この電子透かしを高精度に検出することができる電子透かしの埋め込み方法及びその検出方法を得ることを目的とする。
- [0010] また、この発明は、上記方法を用いた電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置及びこれらをコンピュータに実現させるプログラムを得ることを目的とする。

発明の開示

- [0011] この発明に係る電子透かし埋め込み方法は、電子透かし埋め込み対象の電子画像を複数の画像領域に空間的に分割する分割処理ステップと、画素値の変化が視認されにくい特性を有する画素を適応画素として上記画像領域ごとに抽出する適応抽出ステップと、電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で上記適応画素の画素値を変化させると共に、上記画像領域間の境界及び／又は時間方向で画素値変化の遷移が緩慢になるように段階的に変化させることにより電子透かし埋め込み画像を生成する埋め込みステップとを備えるものである。
- [0012] このことによって、再撮画像に対する電子透かしの耐性を維持しつつ、その埋め込みによる視覚的な妨害を格段に低減させることができるという効果がある。
- [0013] この発明に係る電子透かし検出方法は、検出対象画像の画像領域ごとに電子透かし埋め込みによる時間方向での画素値変化に対応した画素値差分をGap値として検

出するGap検出ステップと、上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしによる上記画像領域間及び時間方向での画素値変化パターンと上記検出対象画像の時間方向での画素値変化パターンとの相関値を検出する相関検出ステップと、Gap値及び相関値についての上記画像分割領域ごとの検出結果から上記埋め込みビットをそれぞれ判定し、これら判定結果を相補的に判断して最終的な埋め込みビットを決定する埋め込みビット判定ステップとを備えるものである。

[0014] このことによって、電子透かしの検出結果の信頼性や検出精度を向上させることができるという効果がある。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]この発明の実施の形態1による電子透かし埋め込み装置の構成を示すブロック図である。

[図2]入力電子画像を空間的に分割した画像分割領域を示す図である。

[図3]実施の形態1による電子透かしパターンの一例とその時間変化を示す図である。

[図4]空間的なガードバンドを含む電子透かしパターンと時間方向のガードバンドの具体例を示す図である。

[図5]埋め込みビットごとの適応処理とその時間変化を示す図である。

[図6]埋め込みビットごとの輝度レベルでの適応処理を示す図である。

[図7]実施の形態2の電子透かし埋め込み装置によるフレーム差分の算出方法を説明する図である。

[図8]埋め込みビットごとのフレーム差分を用いた適応処理を示す図である。

[図9]実施の形態3による電子透かし埋め込み装置のエッジ適応処理を説明する図である。

[図10]埋め込みビットごとのエッジ適応処理を示す図である。

[図11]この発明の実施の形態4による電子透かし検出装置の構成を示すブロック図である。

[図12]電子透かしの埋め込み周期におけるGap検出位置を示す図である。

[図13]Gap値と埋め込みビットとの関係を示す図である。

[図14]電子透かしの埋め込み位相を示す図である。

[図15]相関値と埋め込みビットとの関係を示す図である。

[図16]Gap及び相関検出による判定値と埋め込みビットの最終判定値との関係を示す図である。

[図17]クリップ処理を説明する図である。

[図18]実施の形態4による電子透かし検出装置の応用例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0016] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための最良の形態について、添付の図面に従って説明する。

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1による電子透かし埋め込み装置の構成を示すブロック図である。電子透かし埋め込み装置1は、画像分割部2、適応抽出部3、埋め込み処理部4及び透かし情報生成部5から構成される。電子透かし埋め込み装置1は、例えば汎用コンピュータなどを用いて、本発明に従う電子透かし埋め込みプログラムを実行させることによって具現化することができる。

[0017] つまり、電子透かし埋め込みプログラムをコンピュータに実行させて上記構成要素2〜5として機能させることにより、電子透かし埋め込み装置1による特徴的なデータ処理を実行することができる。なお、以下の説明において、電子透かし埋め込み装置1を具現化するコンピュータ自体の構成及びその基本的な機能については、当業者が当該分野の技術常識に基づいて容易に認識できるものであり、本発明の本質に直接関わるものでないので詳細な記載を省略する。

[0018] 画像分割部2は、入力された電子画像(図1では、複数のフレームからなる動画像として示す。以下、入力電子画像と称する)6aを複数領域の情報に空間的に分割した電子画像6bを生成する。以降では、図2に示すように、画像分割部2が、入力電子画像6aのフレーム画像を4分割する場合を例に挙げて説明する。なお、図2では、分割した各領域を区別するためにそれぞれの領域に符号A, B, C, Dを付している。

[0019] また、後述するが、画像分割部2は、入力電子画像6aのフレーム画像を分割するにあたり、各分割領域の境界にガードバンド(Guard Band)を設定する。つまり、電子画

像6bのフレーム画像は、ガードバンドを介して分割される。

- [0020] 適応抽出部3は、所定の振幅(変化分)で画素値を変化させても画質を劣化させない画素を特定するための適応条件が設定されており、画像分割部2から入力した電子画像6bの分割領域ごとに適応条件に応じた画素を、電子透かしの埋め込み対象画素(以降、適応画素と称する)として抽出する。
- [0021] 埋め込み処理部4は、適応抽出部3が抽出した電子画像6bの適応画素に対して、透かし情報生成部5からの電子透かし情報7に応じて空間的及び時間方向で画素値を変化させて電子透かし埋め込み済みの電子画像6cを生成し出力する。
- [0022] つまり、電子透かしの埋め込みビットの値に応じて、電子画像6bのフレーム画像の分割領域ごとに適応画素の画素値を変化させる空間的な画素値変化に加え、この空間的な変化パターンの時間方向(フレーム方向)での変化を規定することで電子透かし埋め込みが実行される。
- [0023] 以降の説明では、埋め込み処理部4が、電子透かし情報7に応じて、フレーム画像内で適応画素の輝度値を空間的に変化させ、且つこれを時間方向(フレーム方向)に変化させる場合を例に挙げ、適応抽出部3には、輝度レベルについての適応条件が設定されているものとする。
- [0024] 透かし情報生成部5は、電子透かしを構成する埋め込みビットに応じて電子透かし情報7を生成して埋め込み処理部4に出力する。電子透かし情報7は、埋め込みビットに応じて、電子画像6bの分割領域の画素値を変化させる空間的な電子透かしパターン及びその時間方向(フレーム方向)の変化パターンを規定する情報である。
- [0025] 例えば、電子透かし情報7は、埋め込み処理部4が、電子画像6bの4分割した領域のうち、対角2領域を用いて空間的に2ビットの情報を埋め込み、さらに対角2領域ごとに時間方向に異なる位相(例えば、90°位相をずらす)で輝度変化を与えて2ビットの情報を埋め込むように設定する。このようにすることで、空間的及び時間方向での輝度変化で1フレーム画像あたり合計4ビットの電子透かしを埋め込むことができる。
- [0026] また、埋め込み処理部4は、画像分割部2によって設けられたガードバンドで空間的な輝度値変化が緩慢になるように埋め込み処理を実行し、さらに同一の分割領域についての時間方向のガードバンドで時間方向(フレーム方向)の輝度値変化が緩

慢になるように埋め込み処理を実行する。

[0027] 図3は実施の形態1による電子透かしパターンの一例とその時間変化を示す図であり、(a)は空間的なガードバンドを含む電子透かしパターンを示し、(b)は時間方向のガードバンドを含む(a)のパターンの時間変化を示している。(a)の例では、図2で示した領域B、Cの輝度値は変化させず(図中、0を付した部分)、領域A、Dの輝度値を全て+1変化させている(図中、記号+を付した部分)。

[0028] また、(a)において、空間的なガードバンドGBの幅は、例えば32ピクセル(pixel)とする。この幅は、異なる変化分で輝度変化させた領域間の境界が視認されない程度のものであればよく、本発明による電子透かしを埋め込む対象画像の画像特性に応じて適宜決定する。さらに、領域B、D間のガードバンドGBの領域B側の境界線をBaと称し、領域D側の境界線をBbと称する。

[0029] 領域B側の境界線Baでは、例えば輝度値を+1変化させる確率を $1/33$ とし、ガードバンドGB内で領域D側に近づくにつれて当該確率値を徐々に上昇させる。そして、領域D側の境界線Bbでは、輝度値を+1変化させる確率を $32/33$ とする。このようにすることで、電子透かしとして一方の領域に設定すべき輝度の変化分から他方の領域に設定すべき輝度の変化分まで徐々に変化することになる。

[0030] さらに、電子透かしを構成するビット値に応じて時間方向で輝度値を変化させる際、(b)に示すように、例えば領域A、Dについて輝度変調の起点となるフレームから第10番目のフレームまで輝度値を+1変化させ、第10番目フレームから第15番目のフレームまでの間で徐々に輝度値の変化分が0になるように設定する。

[0031] ここでは、図中の期間Bcにおいて、輝度値を+1変化させた状態から変化分が0になるまでに1フレームごとに輝度値を+1変化させた画素が減り、その分だけ変化無し画素が増加するように、確率 $1/6$ の割合で輝度の変化分を0にする画素を増加させる。

このように、本発明の電子透かし埋め込み装置1では、時間方向でも輝度値の変化を緩慢にする(時間方向のガードバンド)。これにより、再撮画像に対する電子透かしを埋め込むことによる画質劣化を防止することができる。

[0032] 図4は、図3に示す方法で埋め込んだ空間的なガードバンドを含む電子透かし埋め

込み基底と時間方向のガードバンドの具体例を示す図である。なお、輝度値の変化を理解しやすくするために、輝度値を+1変化させた画素を黒色で示し、輝度値を変化させない画素を白色で示している。

[0033] 図4(a)に示すように、空間的な輝度変化において、ガードバンドGBによって領域A, Dと領域B, Cとの間の境界線がぼかされた状態になる。また、時間方向での輝度値変化においても、図4(b)に示すように、時間方向のガードバンドによって電子透かしとして時間的に先に設定した輝度値から後に設定する輝度値に至るまで急激に変化することなく、その中間状態が設定される。

[0034] 図5は、埋め込みビットごとの適応処理とその時間変化を示す図である。図示の例では、適応抽出部3が、電子画像6bの分割領域ごとに適応条件を満たす適応画素A, Bを抽出する。また、埋め込み処理部4は、適応抽出部3により電子画像6bの分割領域ごとに抽出された適応画素A, Bに対し、透かし情報生成部5からの電子透かし情報7に応じて、図中の埋め込み周期(30フレーム周期)で輝度値を変化させる。

[0035] 例えば、電子透かしの埋め込みビットが「00」である場合、電子透かし情報7に従って処理の起点となるフレームから第15番目のフレームまでの適応画素Aの輝度値を+1変化させ、第16番目から第30番目のフレームまでの適応画素Bの輝度値を-1変化させる。埋め込みビットが「01」である場合は、その逆位相の処理を実行する。

[0036] また、図2で示した分割領域のうちの対角2領域について輝度変化が逆位相となるようにする場合、以下のような処理を実行する。

まず、図2中の領域A, Dに設定すべき埋め込みビットが「00」である場合、図2中の領域Aから抽出した適応画素A, Bに対して図5中の埋め込みビット00に対応する周期で輝度値を変化させる。また、図2中の領域Dから抽出した適応画素A, Bに対しては、図5中の埋め込みビット01に対応する周期で輝度値を変化させる。

[0037] また、図2中の領域A, Dに設定すべき埋め込みビットが「01」であれば、反対に領域Aに対して図5中の埋め込みビット01に対応する周期で輝度値を変化させ、領域Dに対しては図5中の埋め込みビット00に対応する周期で輝度値を変化させる。

[0038] さらに、図2中の領域A, Dに設定すべき埋め込みビットが「10」であれば、領域Aに対して図5中の埋め込みビット10に対応する周期で輝度値を変化させ、領域Dに対

しては図5中の埋め込みビット11に対応する周期で輝度値を変化させる。

[0039] 図2中の領域A, Dに設定すべき埋め込みビットが「11」であれば、領域Aに対して図5中の埋め込みビット11に対応する周期で輝度値を変化させ、領域Dに対しては図5中の埋め込みビット10に対応する周期で輝度値を変化させる。これらの処理は、図2中の領域B, Cについても同様である。

[0040] また、図2で示した分割領域のうちの対角2領域について輝度変化が同位相となるようにする場合、図2中の領域A, Dに設定すべき埋め込みビットが「00」であれば、図2中の領域A, Dに対して図5中の埋め込みビット00に対応する周期で輝度変化処理をそれぞれ実行する。埋め込みビットが「01」、「10」、「11」である場合も同様の要領で輝度変化処理を実行する。

[0041] 次に動作について説明する。

電子透かしの埋め込み対象である入力電子画像6aは、電子透かし埋め込み装置1内部の画像分割部2に入力される。画像分割部2は、入力電子画像6aをフレーム画像ごとに複数領域に空間的に分割した電子画像6bを生成する。なお、上述したように、電子画像6bのフレーム画像ごとの分割領域は、図3及び図4で示したガードバンドGBを境界として分割される。

[0042] 適応抽出部3は、画像分割部2から電子画像6bを入力し、そのフレーム画像の分割領域ごとに、例えば図6に示す画素の輝度レベルについての適応条件に基づいて適応画素A, Bを抽出する。

[0043] 図6は、埋め込みビットごとの輝度レベルでの適応処理を示す図であり、各埋め込みビットに対応する埋め込み周期は図5に示したものと同様であるものとする。図に示すように、輝度値が180以上の画素が適応画素Bとして抽出される。また、適応画素Aとしては、輝度値が129以上の画素及び輝度値が128以下のNext50%に対応する画素が該当する。輝度値128以下のNext50%とは、輝度値が128以下である画素の中で輝度値が大きい上位半分までの画素を意味する。

[0044] なお、輝度値128以下のNext50%に対応する画素は、輝度値が129以上の画素数が少ない画像であって電子透かしを検出するのに十分な埋め込み量を確保することができない場合に適応画素Aとして抽出するようにしてもよい。

- [0045] 人間の視覚特性上、輝度値が低く暗い画像であるほど、その輝度値を変化させると、その変化が視認されやすくなる。そこで、上述した適応画素を抽出する基準輝度値128は、画像中の輝度を変化させた際にその変化が視認されない下限の輝度値として、ウェーバー・フェフィナーの法則などを考慮した検討実験により決定する。
- [0046] 適応抽出部3は、上述した輝度レベルについての適応条件を満たす適応画素A、Bを電子画像6bの分割領域ごとに抽出し、これら画素を特定する情報(画像上の位置座標など)を埋め込み処理部4に出力する。
- [0047] 埋め込み処理部4は、適応抽出部3からの情報に従って電子画像6bの分割領域ごとに抽出された適応画素A、Bに対し、透かし情報生成部5からの電子透かし情報7に応じて、図5中の埋め込み周期で輝度変化処理を実行する。
- [0048] 例えば、透かし情報生成部5から得た埋め込みビットが「00」である場合、図5を用いて上述したように、埋め込み処理部4は、処理の起点となるフレームから第15番目のフレームまでの適応画素Aの輝度値を+1変化させ、第16番目から第30番目のフレームまでの適応画素Bの輝度値を-1変化させる。
- [0049] なお、図5では、説明の簡単のために図3(b)で示した期間Bc(時間方向のガードバンド)を設けていないが、時間方向の画素値変調による視覚的な影響がある場合は、時間方向のガードバンドを設けるようにしてもよい。
- [0050] また、電子透かし埋め込みによる視覚的影響を考慮すると、輝度値の変化分は ± 1 の範囲であることが望ましい。しかしながら、輝度値が十分に高く輝度変調による影響が視認しにくい適応画素(例えば、輝度値190以上)であれば、電子透かし埋め込みに係る輝度値の変化分を2倍(± 2)にして電子透かしの埋め込み強度を増加するようにしても良い。
- [0051] さらに、輝度値が129以上の画素数が少ない画像であって電子透かしを検出するのに十分な埋め込み量を確保することができない場合、適応抽出部3が、輝度値が128以下の画素の輝度平均値より大きい輝度を有する画素を抽出するようにしても良い。
- [0052] なお、埋め込み処理部4は、上述したように画像分割部2によって設けられたガードバンドで領域間の輝度値変化が緩慢になるように埋め込み処理を実行する。また、

時間方向のガードバンドを設定する場合は、当該ガードバンドにて時間方向の輝度値変化が緩慢になるように埋め込み処理を実行する。

[0053] また、映像中のシーンチェンジは、フレームやフィールドの画像相関が時間方向で顕著に変化し、埋め込み処理の同期基準となり得る有意な事象である。そこで、本実施の形態による埋め込み処理部4は、対象画像のシーンチェンジに同期させて電子透かし埋め込み処理を実行する。

[0054] この場合、埋め込み処理部4は、例えば電子透かしの埋め込み対象の画像におけるフレームの画像相関の時間方向での変化が所定の閾値を超えるものをシーンチェンジとして検出する。そして、埋め込み処理部4は、検出したシーンチェンジ以後のフレームを起点として上述した時間方向での輝度変化処理を実行する。

[0055] これにより、電子透かし埋め込み処理における時間方向での輝度変化処理が、電子透かし情報7に応じた埋め込み周期からずれるようなことがあっても、対象画像中のシーンチェンジを基準として上記周期との同期を回復させることができる。また、本発明による電子透かしを検出する際、電子透かしの埋め込みパターンにおける位相を的確に復元することもできる。

[0056] 埋め込み処理部4は、上述のようにして透かし情報生成部5から入力される電子透かし情報7に応じた輝度変化処理を完了すると、これにより得られた画像を電子透かし埋め込み済みの画像6cとして出力する。

[0057] 以上のように、この実施の形態1では、対象画像から所定の振幅(変化分)で画素値(輝度など)を変化させても画質を劣化させない画素を適応画素として抽出すると共に、空間的及び時間方向での画素値変化に対して当該変化を緩慢にするガードバンドを設けたので、再撮画像に対する電子透かしの耐性を維持しつつ、その埋め込みによる視覚的な妨害を格段に低減させることができる。

[0058] なお、上記実施の形態1では、電子透かしの埋め込みに空間的及び時間方向での輝度変化処理を実行する例を示したが、輝度に限らず、再撮画像においても検出することができる画素値であればよい。

[0059] 実施の形態2.

上記実施の形態1では、輝度変化を施しても画質が劣化しない輝度レベルとして輝

度値128以上の適応画素を抽出する例を示したが、この適応画素のみでは埋め込み量が十分でなく電子透かしが検出できない場合がある。

[0060] ここで、埋め込み対象の画像において、元々フレーム画像(又はフィールド画像)間での画素値変化が大きい画素は、一般的に動きが激しい映像を構成することが多く、画素値変化による視覚的な影響が少ないことが予想される。

[0061] そこで、実施の形態2では、フレーム差分値(又は、フィールド差分値)からフレーム画像(又はフィールド画像)間での画素値変化が大きい画素を検出し、電子透かしを埋め込むべき適応画素として選択するものである。

[0062] なお、実施の形態2による電子透かし埋め込み装置の構成は、上記実施の形態1で示したものと基本的に同一であるが、適応抽出部3及び埋め込み処理部4が対象画像に対してフレーム差分を用いた上記適応処理を実行する点で異なる。

[0063] 次にフレーム差分を用いた適応処理について詳細に説明する。

図7は、この発明の実施の形態2による電子透かし埋め込み装置のフレーム差分の算出方法を説明する図である。図において、フレーム1, 2は、電子画像6bの時間的に前後するフレーム画像を示している。また、フレーム1, 2を構成する画素の画素値(例えば、輝度値)をそれぞれ x_1, x_2, \dots, x_n 及び y_1, y_2, \dots, y_n とすると、フレーム差分 $\Delta F(n)$ は、絶対値として下記式(1)を用いて求めることができる。

$$\Delta F(n) = |x_n - y_n| \quad \dots (1)$$

[0064] 図8は、実施の形態2による埋め込みビットごとのフレーム差分を用いた適応処理を示す図であり、各埋め込みビット(図示の例では「00」、「01」)に対応する埋め込み周期は図5に示したものと同様であるものとする。適応抽出部3は、輝度値180以上の画素を適応画素Bとして抽出する上、上記実施の形態1と異なり、輝度値が128以上の画素に加え、輝度値が128未満の画素も適応画素Aとして抽出する。

[0065] ここで、輝度値128未満のNext50%とは、輝度値が128未満である画素の中で輝度値が大きい上位半分までの画素を意味する。また、輝度値128未満残りとは、輝度値128未満のNext50%である画素より輝度値が低い画素を意味する。

[0066] 適応抽出部3は、上記実施の形態1と同様な処理にて、電子画像6bの分割領域ごとに図8に示す輝度レベルの適応画素A, Bを抽出する。さらに、適応抽出部3は、上

記式(1)に従って電子画像6bの時間的に前後するフレーム間で画素ごとのフレーム差分を算出し、適応画素を特定する情報(画像中の位置座標など)と共に画素ごとの算出結果を埋め込み処理部4に出力する。

- [0067] 埋め込み処理部4では、フレーム差分値の大きさと輝度レベルに基づいて適応画素の輝度値に加えるべき変化分を決定して埋め込み処理を実行する。図8の例で説明すると、埋め込み処理部4は、適応抽出部3により算出されたフレーム差分値が2以下である画素を、フレーム間での画素値変化が小さい(動きが小さい)画素であると認識する。このフレーム差分値に該当する適応画素については、輝度変化処理を施しても変化が視認されない輝度値128以上の画素のみの輝度値を変化させる。
- [0068] また、フレーム差分値が3以上7以下であると、埋め込み処理部4は、フレーム間での画素値変化が中程度である画素と認識し、輝度値128以上の適応画素に加え、輝度値128未満のNext50%に該当する適応画素にも輝度変化処理を実行する。
- [0069] 一方、フレーム差分値が8以上であると、埋め込み処理部4は、フレーム間での画素値変化が大きい(動きが激しい)画素であると認識する。このフレーム差分値に該当する適応画素については、輝度変化処理を施しても変化が視認されにくいものと判断し、輝度値128未満の適応画素についても輝度変化処理を実行する。
- [0070] なお、上述したフレーム差分値の閾値は、電子透かし埋め込み済みの画像6cの画質に応じて適切な値を埋め込み処理部4に設定できるように構成しても良い。
- [0071] 以上のように、この実施の形態2によれば、フレーム差分に応じて電子透かしの埋め込みを実行するので、フレーム間での画素値変化が大きく、画素値の変化が視認されにくい画素を適応画素として抽出することができ、電子透かしの埋め込み量を増加させることができる。これにより、本発明による電子透かしの耐性を向上させることができる。
- [0072] 上記実施の形態2では、フレーム差分を用いる例を示したがフィールド差分を用いても良い。この形態としても基本的に同一の構成で同様の効果を得ることができる。
- [0073] 実施の形態3.
- この実施の形態3は、電子透かしの埋め込み量を増加させるために、対象画像中のエッジ部分の画素を埋め込み対象の適応画素とするものである。

[0074] 実施の形態3による電子透かし埋め込み装置の構成は、上記実施の形態1で示したものと基本的に同一であるが、適応抽出部3及び埋め込み処理部4が対象画像に対してエッジ適応処理を実行する点で異なる。

[0075] 次にエッジ適応処理による適応画素の選定について説明する。

まず、適応抽出部3は、実施の形態1又は実施の形態2で示した処理で電子透かしを埋め込んだ電子画像6bに対して、垂直方向エッジフィルタ処理、孤立点除去処理及び3点NAM処理を順に実施してエッジ部分を強調した画像を求める。

図9は、実施の形態3による電子透かし埋め込み装置のエッジ適応処理を説明する図であり、(a)は垂直方向エッジフィルタ処理、(b)は孤立点除去処理、(c)は3点NAM処理を示している。この図を用いて各処理を説明する。なお、図9では、処理対象の画像(電子画像6b)の画像サイズが720×486画素である場合を例にしている。

[0076] 垂直方向エッジフィルタ処理では、処理対象の画像中の注目画素とこれに隣接する画素とから垂直方向のエッジを強調する。具体的には、下記式(2)に従って注目画素(座標(x, y))の垂直方向のエッジを強調した画素値 $Y_a(x, y)$ を求める。

$$Y_a(x, y) = \left| -Y(x_p, y) / 2 + Y(x, y) - Y(x_n, y) / 2 \right| \quad \dots (2)$$

$0 \leq x < 719, 0 \leq y < 485$ のとき、

$$x_p = x - 1, x_n = x + 1$$

$$x = 0 \text{ のとき、} x_p = x + 1, x_n = x + 1$$

$$x = 719 \text{ のとき、} x_p = x - 1, x_n = x - 1$$

[0077] 適応抽出部3は、上述の処理を施して垂直方向のエッジを強調した画像に対して、突発的な画素値変化がエッジとして認識されないように孤立点除去処理を実行する。図示の例では、注目画素(画素値 $Y_a(x, y)$)の8近傍画素値を取得し、下記式(3)に従って8近傍のうち3番目に大きな画素値 $\max Y_a$ と注目画素の画素値 $Y_a(x, y)$ で最小値を与える画素を孤立点(画素値 $Y_b(x, y)$)として除去する。

$$Y_b(x, y) = \min(Y_a(x, y), \max Y_a) \quad \dots (3)$$

$$x_p = x - 1, x_n = x + 1, y_p = y - 1, y_n = y + 1$$

$$x = 0 \text{ のとき、} x_p = x + 1, x_n = x + 1$$

$$x = 719 \text{ のとき、} x_p = x - 1, x_n = x - 1$$

$y=0$ のとき、 $yp=y+1$ 、 $yn=y+1$

$y=485$ のとき、 $yp=y-1$ 、 $yn=y-1$

但し、 $\max Ya$ は、自画素を含まない周囲の画素(8近傍画素)で3番目に大きな画素値を示し、下記式(4)で表される。

$$\max Ya = \text{Mth}(Ya(xp, yp), Ya(x, yp), Ya(xn, yp), Ya(xp, y), Ya(xn, y), Ya(xp, yn), Ya(x, yn), Ya(xn, yn)) \quad \dots (4)$$

Mth関数は3番目に大きな値を返す。

- [0079] 続いて、適応抽出部3は、垂直方向のエッジを強調し孤立点除去処理を施した画像に対して3点NAM処理を実行する。具体的には、下記式(5)に従ってエッジ部分の注目画素(座標 (x, y))とこれに隣接する2画素とから注目画素がエッジ部分に該当すると大きな値となるエッジ度 $Yc(x, y)$ を求める。これはエッジ強調処理でもあり、 $Yc(x, y)$ を画像として眺めるとエッジ強調画像になる一方で、 $Yc(x, y)$ が大きいことは座標 (x, y) に位置する注目画素がエッジ部分としての性質が強いことを示す指標になる。

$$Yc(x, y) = \max(Yb(xp, y), Yb(x, y), Yb(xn, y)) \quad \dots (5)$$

$xp=x-1$ 、 $xn=x+1$

$x=0$ のとき、 $xp=x+1$

$x=719$ のとき、 $xp=x-1$

- [0080] 適応抽出部3は、上述のようにしてエッジ適応処理を施した画像中のエッジを構成する画素のうち所定のエッジ度(Yc)以上(例えば、 $Yc \geq 10$)の画素を抽出し、これらを特定する情報(画像中の位置座標など)を求める。
- [0081] 次に、適応抽出部3は、エッジ適応処理を施していない原画像(電子画像6bから所定のエッジ度レベルについての適応条件を満たす適応画素A、Bを抽出し、これら画素を特定する情報(画像上の位置座標など)を埋め込み処理部4に出力する。
- [0082] 埋め込み処理部4は、適応抽出部3からのエッジ部分で所定のエッジ度以上の画素や適応画素を特定する情報に従って原画像である電子画像6bの適応画素に対し、図5中の埋め込み周期で輝度変化処理を実行する。
- [0083] 図10は、埋め込みビットごとのエッジ適応処理を示す図である。上記処理を図示の

例で説明すると、適応抽出部3は、エッジ適応処理した画像からエッジを構成する画素のうちエッジ度が10以上のものを抽出し、これらを特定する情報(位置座標)を求める。また、原画像である電子画像6bから輝度値128以上及び輝度値180以上の画素を適応画素として抽出し、これらを特定する情報(位置座標)を求める。これらの情報は、埋め込み処理部4に出力される。

[0084] 次に、埋め込み処理部4は、図10に示すように、適応Aまたは適応Bの適応処理の変化量を増加させる。すなわち適応Aではエッジ適応処理画像から選定したエッジ部分のエッジ度10以上の画素であって輝度値が128以上の適応画素の輝度値の変化を1増加させる。適応Bでは適応Aの処理に加えて特に輝度値が180以上の適応画素の輝度値の変化を1増加させる。適応Aの処理によってほぼ充分に変化を与えることができるが、適応Bの処理を追加すると視覚的妨害の増加なくさらに強固な変化とすることができ、検出結果が安定する。

[0085] 以上のように、この実施の形態3によれば、実施の形態1又は実施の形態2で示した処理で電子透かしを埋め込んだ電子画像6cに対してエッジ部分で所定のエッジ度以上の画素をさらに適応画素として抽出して電子透かしを埋め込むので、透かし埋め込み量を増加させることができ、電子透かしの耐性を向上させることができる。

[0086] なお、上記実施の形態1〜3では異なる適応処理をそれぞれ説明したが、これらを組み合わせた適応処理を実行しても良い。

[0087] 実施の形態4.

図11は、この発明の実施の形態4による電子透かし検出装置の構成を示すブロック図である。電子透かし検出装置8は、Gap検出部9、相関検出部10及び埋め込みビット判定部11から構成される。電子透かし検出装置8は、例えば汎用コンピュータなどを用いて、本発明に従う電子透かし検出プログラムを実行させることによって具現化することができる。

[0088] つまり、電子透かし検出プログラムをコンピュータに実行させて上記構成要素9〜11として機能させることにより、電子透かし検出装置8による特徴的なデータ処理を実行することができる。なお、以下の説明において、電子透かし検出装置8を具現化するコンピュータ自体の構成及びその基本的な機能については、上記実施の形態1と

同様の理由から詳細な記載を省略する。

- [0089] 上記実施の形態1〜3で説明した電子透かし埋め込み装置1により電子透かしが埋め込まれた電子画像6cにおいて、電子透かしパターンの時間方向での変化パターンの位相が反転する時点でフレーム差分値(又はフィールド差分値)が急激に変化する。
- [0090] そこで、電子画像6cに埋め込まれた電子透かしを認識していれば、上記位相反転時点に応じて周期的に電子画像6cからフレーム差分(又はフィールド差分)を検出することで、当該フレーム差分値(又はフィールド差分値)に基づいて本発明による電子透かしパターンを復元することができる。
- [0091] Gap検出部9では、上述したような周期的なフレーム差分の検出によって、分割領域ごとに電子画像6cから電子透かしパターンの時間方向での変化における画素値の変化分(以下、Gapと称する)を検出する。また、相関検出部10は、上記実施の形態1〜3で説明した電子透かし埋め込み装置1により埋め込まれた電子透かしパターンと電子画像6cとの時間方向での画素値変化について分割領域ごとに相関を検出する。
- [0092] 埋め込みビット判定部11は、Gap検出部9及び相関検出部10がそれぞれ検出したGap値及び相関値に基づいて電子画像6cに埋め込まれたビット値をそれぞれ判定し、両判定結果を総合的に判断して最終的に決定したビット値を埋め込みビットとして出力する。
- [0093] 次に動作について説明する。
- 以降の説明では、上記実施の形態で示した電子透かし埋め込み装置1により、入力電子画像6aに電子透かしを埋め込んだ電子画像6cから上記電子透かしの埋め込みビットを検出するものとする。
- [0094] また、電子画像6cとしては、電子透かし情報7に応じて、入力電子画像6aのフレーム画像を4分割した領域の対角2領域(図2中の領域A、D及び領域B、C)の適応画素の輝度値を逆位相で変化させた透かしパターンを時間方向(フレーム方向)に変化させたものを使用する。
- [0095] さらに、対角領域A、Dには、図5で示した埋め込み周期でビット00が埋め込まれて

いるものとする。つまり、領域Aに対して図5中の埋め込みビット00に対応する周期で輝度変化させ、領域Dに対して図5中の埋め込みビット01に対応する周期で輝度変化させている。

- [0096] 電子透かし検出対象の動画像である電子画像6cを表示装置(モニタ)で再生させ、これをビデオカメラで再撮したものを電子透かし検出装置8に入力する。電子画像6cは、電子透かし検出装置8内のGap検出部9及び相関検出部10にそれぞれ入力される。
- [0097] Gap検出部9では、電子画像6cにおける電子透かし埋め込み周期に基づいてGap検出時期が設定されており、この検出周期で電子画像6cの分割領域ごとにフレーム輝度差分を算出(Gap検出)する。
- [0098] 図12は、電子透かしの埋め込み周期(30フレーム周期)におけるGap検出位置を示す図であり、上記実施の形態1で示した図5中の埋め込み周期で電子透かしを埋め込んだ場合を例にしている。図示の例では、7フレーム目が終わり8フレーム目の開始時点を示す時点a、15フレーム目が終わり16フレーム目の開始時点を示す時点b、22フレーム目が終わり23フレーム目の開始時点を示す時点c、30フレーム目の開始時点を示す時点dでGapを検出する。
- [0099] 時点a、cは、図5中の埋め込みビット10、11についての埋め込み周期の位相変化位置に対応し、時点b、dが、図5中の埋め込みビット00、01についての埋め込み周期の位相変化位置に対応する。
- [0100] Gap検出部9は、上記実施の形態1と同様に、フレーム方向の画像相関が顕著に変化する電子画像6cのシーンチェンジに同期して電子透かしが埋め込まれている場合、当該シーンチェンジで埋め込み周期の始点を把握し、Gap検出処理を実行する。
- [0101] この場合、Gap検出部9は、例えば電子透かしの検出対象の動画像におけるフレーム方向の画像相関の時間変化が所定の閾値を超えるものをシーンチェンジとして検出する。そして、Gap検出部9は、検出したシーンチェンジ以後のフレームを起点としてGap検出を実行する。
- [0102] なお、シーンチェンジ後の数秒間(2〜3秒)は、電子画像6cとして取り込むべき再

撮データの画質が乱れる。これは、ビデオカメラのオートアイリス機能などによってシーンチェンジ後の初めの30フレームほどで輝度値が大きく変化するからである。

[0103] そこで、Gap検出部9では、電子画像6c中のシーンチェンジに同期してGap検出を実行するにあたり、例えばシーンチェンジ後の初めの30フレームを用いず、輝度値が安定する30フレーム以降の再撮データを使用する。

[0104] これにより、電子透かし検出処理におけるGap検出処理が、当初の検出周期からずれるようなことがあっても、対象画像中のシーンチェンジを基準として上記周期との同期を回復させることができる。

[0105] 次にGap検出処理の詳細について説明する。

Gap検出部9は、下記式(6)に従って、入力した電子画像6cの透かし埋め込み時の分割領域ごとに、Gap検出時点前後(電子透かしパターンの埋め込み位相の変化前後)のフレームの輝度平均値の差分をGap値として算出する。

$$\text{Gap}(i) = Y(15 \times i + 16) - Y(15 \times i + 15) - \alpha \quad \dots (6)$$

$$\alpha = (Y(15 \times i + 15) - Y(15 \times i + 14) + Y(15 \times i + 17) - Y(15 \times i + 16)) / 2$$

ここで、Y(n)はnフィールド目の輝度平均を示す。再撮開始初めの30フレームを無視することにより、iは4, 5, 6, …、出現するY(n)はY(44), Y(45), Y(46), Y(47), Y(59), Y(60), Y(61), Y(62), Y(74), Y(75), Y(76), Y(77), …となる。

[0106] 上述のようにして、Gap検出部9は、電子画像6cの透かし埋め込み時の各分割領域について、電子透かしの埋め込みビットに応じた上記埋め込み周期ごとに各Gap検出時点でGap値を算出する。これらGap値の算出が終了すると、Gap検出部9は、各分割領域A〜Dにおいて各Gap検出時点a〜dで得られるGap値の平均を算出する。例えば、領域AにおいてGap検出時点aで得られるGap値の平均は、下記式(7)から求められる。

[数1]

$$AGap_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a(i) \quad (7)$$

[0107] 但し、 n は自然数であり、 $a(1), a(2), a(3), \dots, a(n)$ は、各埋め込み周期中のGap検出時点 a にてそれぞれ算出されたGap値を表している。分割領域B-Dにおいて各Gap検出時点 $a-d$ で得られるGap値の平均についても同様の関係式から算出する。なお、 A_{Gap_a} 中の A は電子画像6cの透かし埋め込み時の4分割領域のうちの領域Aを表し、下付文字 a はGap検出時点 a を表している。

[0108] Gap検出部9は、電子画像6cの透かし埋め込み時の4分割領域について、上記各Gap検出時点でのGap値の平均を求めると、対角領域への輝度変化が逆位相であることから、下記式(8)に従って対角2領域(領域A、D及び領域B、C)のGap値($A_{AD}Gap_{ac}$ 、 $A_{AD}Gap_{bd}$ 、 $A_{BC}Gap_{ac}$ 、 $A_{BC}Gap_{bd}$)を算出する。但し、 A_{AD} は領域A、Dを表し、 A_{BC} は領域B、Cを表している。

$$\begin{aligned} A_{AD}Gap_{ac} &= (AGap_a + AGap_c - DGap_a - DGap_c) / 4 \\ A_{AD}Gap_{bd} &= (AGap_b + AGap_d - DGap_b - DGap_d) / 4 \\ A_{BC}Gap_{ac} &= (BGap_a + BGap_c - CGap_a - CGap_c) / 4 \\ A_{BC}Gap_{bd} &= (BGap_b + BGap_d - CGap_b - CGap_d) / 4 \\ &\dots(8) \end{aligned}$$

[0109] なお、電子透かしに係る輝度変化を対角領域に同位相にすると、画面全体の輝度変動により周期的に明るくなったり暗くなったりするのが視認できてしまうが、上述のように輝度変化を対角領域に逆位相にすることにより、画面全体の輝度の変動をキャンセルすることができる。

[0110] このようにして求められた Gap_{ac} 、 Gap_{bd} は、Gap検出部9から埋め込みビット判定部11に出力される。埋め込みビット判定部11では、Gap検出部9から入力したGap値(Gap_{ac} 、 Gap_{bd})を用いて、Gap検出結果に応じた埋め込みビット判定を実行する。

[0111] 図13は、Gap値と埋め込みビットとの関係を示す図であり、この図の関係に従って埋め込みビット判定部11が埋め込みビットを判定する。図中のパラメータ x 、 z は、Gap検出部9が算出したGap値(Gap_{ac} 、 Gap_{bd})を用いて埋め込みビット判定部11が求める。

[0112] ここで、 x は、 $x = \max(|Gap_{ac}|, |Gap_{bd}|)$ であり、 Gap_{ac} 及び Gap_{bd} のうち、値が大きく有意値の候補となり得る方の絶対値を表している。また、 z は、 Gap_{ac} 及び Gap_{bd}

p_{bd} のうち、値が0に近いもの、つまり有意値の候補ではないものが該当する。

[0113] 埋め込みビット判定部11は、 Gap_{ac} 、 Gap_{bd} が、パラメータ x 、 z として図13中のいずれの関係に属するかで埋め込みビットを判定する。

[0114] 次に、相関検出による埋め込みビット判定について説明する。

図14は、電子透かしの埋め込み位相を示す図であり、図5で示した埋め込み周期における位相に対応する。相関検出部10には、上記埋め込み位相を規定する関数 $f^I(i)$ 、 $f^Q(i)$ が設定されている。これにより、検出対象の画像における電子透かしパターンの時間方向(フレーム方向)の変化パターンを把握している。

[0115] 関数 $f^I(i)$ は、図5中の埋め込みビット00、01に対応する埋め込み周期の位相を規定し、I-phaseと称することとする。また、関数 $f^Q(i)$ は、図5中の埋め込みビット10、11に対応する埋め込み周期の位相を規定する。これをQ-phaseと称することとする。

[0116] 相関検出部10は、入力した電子画像6cを用いて、下記式(9)を用いて相関を算出する上で使用するリファレンス画像データ α を求める。このリファレンス画像データ α は、電子画像6cの相関検出開始フィールドから検出対象の画像の最終フィールド(Nフィールド)までの注目フィールド(相関を検出するフィールド)の前60フィールド分の輝度の平均値を示している。また、 Y_j は電子画像6cの各フィールドごとの輝度平均値である。

[数2]

$$\alpha = \frac{1}{60} \sum_{j=i-60}^i Y_j \quad (9)$$

$i = 61, 62, 63, \dots, N$ (Nフィールド構成の場合)

[0117] このように、本発明では、リファレンス画像を求めるにあたり、相関を検出するフレーム(又はフィールド)の近傍のフレーム(又はフィールド)の輝度平均値を使用する。このようにした理由は、注目フレーム近傍のフレームが一般的に互いに類似する上、フレーム画像の輝度平均値をとることで画像内容の違いによる影響が低減され、より注目フレームを近似するリファレンス画像を得ることができるからである。

[0118] また、上述した前60フィールド分の輝度の平均値の他に、下記式(10)、(11)のいずれかを採用してリファレンス画像データ α を求めても良い。下記式(10)は、電子画

像6cがNフィールドで構成されている場合、Nフィールドまでの輝度平均を求めるものであり、下記式(11)は、注目フィールドの前28後30フィールドの輝度平均である。

[数3]

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Y_j \quad (10)$$

Nフィールド構成の場合

$$\alpha = \frac{1}{58} \sum_{j=i-28}^{i+30} Y_j \quad (11)$$

$i = 29, 30, 31, \dots, N-30$ (Nフィールド構成の場合)

[0119] 続いて、相関検出部10は、図5で示した埋め込み周期における位相を規定する関数 $f^I(i)$ 、 $f^Q(i)$ とリファレンス画像データ α とを用いて、下記式(12)、(13)から電子画像6cの透かし埋め込み時の分割領域ごとに埋め込み位相に応じた相関値を算出する。但し、 $i=a$ は、リファレンス画像データ α を算出可能なフィールド番号の初期値である。また、 Y_i は電子画像6cの各フィールドごとの輝度平均値である。

[数4]

I-phaseの相関

$$\frac{1}{n} \sum_{i=a}^n f^I(i)(Y_i - \alpha) \quad (12)$$

Q-phaseの相関

$$\frac{1}{n} \sum_{i=a}^n f^Q(i)(Y_i - \alpha) \quad (13)$$

[0120] 上述のようにして、電子画像6cの透かし埋め込み時の分割領域A、B、C、Dについて相関値を求めると、相関検出部10は、対角領域への輝度変化が逆位相となるようにビット00が埋め込まれていることから、下記式(14)に従って対角2領域(領域A、D及び領域B、C)についての相関値 $C(I, A_{AD})$ 、 $C(Q, A_{AD})$ 、 $C(I, A_{BC})$ 、 $C(Q, A_{BC})$

)を算出する。但し、 A_{AD} は領域A, Dを表し、 A_{BC} は領域B, Cを表している。

$$C(I, A_{AD}) = \{C(I, A) - C(I, D)\} / 2$$

$$C(Q, A_{AD}) = \{C(Q, A) - C(Q, D)\} / 2$$

$$C(I, A_{BC}) = \{C(I, B) - C(I, C)\} / 2$$

$$C(Q, A_{BC}) = \{C(Q, B) - C(Q, C)\} / 2$$

... (14)

[0121] なお、電子透かしに係る輝度変化を対角領域に同位相にすると、画面全体の輝度変動により周期的に明るくなったり暗くなったりするのが視認できてしまうが、上述のように輝度変化を対角領域に逆位相にすることにより、画面全体の輝度の変動をキャンセルすることができる。

[0122] このようにして求められた相関値 $C(I, A_{AD})$ 、 $C(Q, A_{AD})$ 、 $C(I, A_{BC})$ 、 $C(Q, A_{BC})$ は、相関検出部10から埋め込みビット判定部11に出力される。埋め込みビット判定部11では、相関値 $C(I, A_{AD})$ 、 $C(Q, A_{AD})$ 、 $C(I, A_{BC})$ 、 $C(Q, A_{BC})$ を用いて、相関検出結果に応じた埋め込みビット判定を実行する。

[0123] 図15は、相関値と埋め込みビットとの関係を示す図であり、この図の関係に従って埋め込みビット判定部11が埋め込みビットを判定する。図中のパラメータ x 、 z 、 $C(I)$ 及び $C(Q)$ は、相関検出部10が算出した相関値 $C(I, A_{AD})$ 、 $C(Q, A_{AD})$ 、 $C(I, A_{BC})$ 、 $C(Q, A_{BC})$ を用いて、埋め込みビット判定部11が求める。

[0124] ここで、 $C(I)$ は、 $C(I) = C(I, A_{AD}) + C(I, A_{BC})$ であり、 $C(Q)$ は、 $C(Q) = C(Q, A_{AD}) + C(Q, A_{BC})$ である。また、 x は、 $x = \max(|C(I)|, |C(Q)|)$ であり、 $C(I)$ 及び $C(Q)$ のうち、値が大きく有意値の候補となり得る方の絶対値を表している。 z は、 $C(I)$ 及び $C(Q)$ のうち、値が0に近いもの、つまり有意値の候補ではないものが該当する。

[0125] 埋め込みビット判定部11は、 $C(I)$ 及び $C(Q)$ がパラメータ x 、 z として図15中のいずれの関係に属するかで埋め込みビットを判定する。

[0126] 次に、埋め込みビット判定部11は、Gap検出により判定した埋め込みビット値と相関検出により判定した埋め込みビット値とを総合的に判断して最終的な埋め込みビット値を判定し出力する。

- [0127] 図16は、Gap及び相関検出による判定値と埋め込みビットの最終判定値との関係を示す図である。図に示すように、本発明では、Gap及び相関検出により相補的に埋め込みビットを判定する。例えば、一方の検出結果として埋め込みビットが未検出と判定されても、他方の検出結果で有意な埋め込みビット値が判定されれば、未検出の判定結果に誤りがあったものと判断することができる。
- [0128] そこで、本発明では、一方の判定処理を補う形で有意な値が判定された結果を最終的な判定結果として採用する。このようにすることで、電子透かしの検出結果の信頼性や検出精度を向上させることができる。
- [0129] なお、上述したGap及び相関検出において検出値のぶれを抑制するため、Gap検出部9及び相関検出部10が検出結果にクリップ処理を施すようにしてもよい。例えば、図17に示すように、Gap検出部9及び相関検出部10は、輝度変化のGap及び相関の検出値が下方にぶれて-1より小さい値となった場合、予め設定しておいたクリップ値-1を検出値として採用する。また、Gap及び相関の検出値が上方にぶれて+1より大きい値となった場合、予め設定しておいたクリップ値+1を検出値として採用する。
- [0130] このように検出値に上下限値を設けて所定範囲内に制限することで、Gap及び相関の検出対象の画像内容により検出結果にぶれが生じてもその影響を低減することができ、埋め込みビットの判定処理を安定して実行することができる。
- [0131] 図18は、この実施の形態4による電子透かし検出装置の応用例を示す図である。図示の例では、電子透かし検出装置8をペン型検出器12として構成している。ペン型検出器12のペン先部には、CRTやLCDなどのモニタ画面14に表示される画像を読み取るビデオカメラが装備されており、上述した処理で電子透かしを検出する。検出結果の埋め込みビットは、表示窓13に表示され、検出対象の画像に本発明による電子透かしが埋め込まれていることを確認することができる。
- [0132] この応用例においては、本発明の電子透かしを埋め込み対象画像の一部領域に埋め込んでおく。そして、電子透かしの検出処理において、モニタ画面の上記埋め込み領域の表示部分にペン先部を押し当てて検出対象画像を読み込む。このように構成することで、モニタ画面14に再生された画像を撮影しながら、簡易に電子透かし

の検出を実行することができる。

[0133] 以上のように、この実施の形態4によれば、Gap及び相関検出により相補的に埋め込みビットを判定するので、電子透かしの検出結果の信頼性や検出精度を向上させることができる。

[0134] なお、上記実施の形態4では、Gap検出による埋め込みビットの判定結果と相関検出による埋め込みビットの判定結果とを相補的に判断して最終的な埋め込みビットの決定を行う例を示した。しかし、本発明は、当該構成に限定されるものではない。

[0135] 例えば、相関検出部10を設けることなく、Gap検出部9によるGap検出結果のみから埋め込みビット判定部11が埋め込みビットを判定するように構成してもよい。この構成で検出精度を維持するには、検出対象の画像における電子透かしの埋め込み周期とそのGap検出周期との同期を厳密にとる必要がある。しかしながら、相関検出に要する時間が省略されるので、再撮画像の再生中にリアルタイムに電子透かしを検出するように構成することができる。

[0136] また、Gap検出部9を設けることなく、相関検出部10による相関検出結果のみから埋め込みビット判定部11が埋め込みビットを判定するように構成してもよい。この構成では、相関検出部10が、上述したように相関値の算出に用いるリファレンス画像データ α を求めるにあたり、相関を検出するフレーム(又はフィールド)の近傍のフレーム(又はフィールド)の輝度平均値を使用する。

[0137] これにより、検出対象画像の画像内容の違いによる影響が低減され、より注目フレームを近似するリファレンス画像で相関値を算出することができ、検出精度を向上させることができる。

産業上の利用可能性

[0138] 以上のように、この発明に係る電子透かし埋め込み方法は、ディスプレイなどの表示画面に表示した画像を再撮影して得られる再撮画像に対する電子透かしの耐性を維持しつつ、その埋め込みによる視覚的な妨害を格段に低減させるものであり、動画像の電子透かし埋め込み技術に好適に利用可能である。

請求の範囲

- [1] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を複数の画像領域に空間的に分割する分割処理ステップと、
画素値の変化が視認されにくい特性を有する画素を適応画素として上記画像領域ごとに抽出する適応抽出ステップと、
電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で上記適応画素の画素値を変化させると共に、上記画像領域間の境界及び／又は時間方向で画素値変化の遷移が緩慢になるように段階的に変化させることにより電子透かし埋め込み画像を生成する埋め込みステップとを備えた電子透かし埋め込み方法。
- [2] 埋め込みステップで、画像領域間及び／又は時間方向で互いに異なる位相極性で画素値を変化させることにより埋め込みビットを表現することを特徴とする請求項1記載の電子透かし埋め込み方法。
- [3] 適応抽出ステップで、電子透かし埋め込みに係る輝度変化を加えても当該変化が視認されにくい輝度レベルの画素を適応画素として抽出することを特徴とする請求項1記載の電子透かし埋め込み方法。
- [4] 適応抽出ステップで、電子透かし埋め込み対象の電子画像の時間方向での画素値差分に基づいて時間方向で画素値変化が大きい画素を適応画素として抽出することを特徴とする請求項1記載の電子透かし埋め込み方法。
- [5] 適応抽出ステップで、電子透かし埋め込み対象の電子画像中のエッジ部分から適応画素を抽出することを特徴とする請求項1記載の電子透かし埋め込み方法。
- [6] 埋め込みステップで、電子透かし埋め込み対象の電子画像中のシーンチェンジに同期して埋め込み処理を実行することを特徴とする請求項1記載の電子透かし埋め込み方法。
- [7] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を空間的に複数の画像領域に分割し、電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で画素値を変化させることにより電子透かしが埋め込まれた検出対象画像から上記埋め込みビットを検出する電子透かし検出方法において、
上記検出対象画像の画像領域ごとに電子透かし埋め込みによる時間方向での画

素値変化に対応した画素値差分をGap値として検出するGap検出ステップと、

上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしによる上記画像領域間及び時間方向での画素値変化パターンと上記検出対象画像の時間方向での画素値変化パターンとの相関値を検出する相関検出ステップと、

上記Gap値及び上記相関値についての上記画像分割領域ごとの検出結果から上記埋め込みビットをそれぞれ判定し、これら判定結果を相補的に判断して最終的な埋め込みビットを決定する埋め込みビット判定ステップとを備えたことを特徴とする電子透かし検出方法。

- [8] Gap検出ステップで、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均の差分をGap値として算出することを特徴とする請求項7記載の電子透かし検出方法。
- [9] 相関検出ステップで、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均をリファレンス画像として逐次算出し、これらリファレンス画像における画素値変化パターンと上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしの画素値変化パターンとの相関値を算出することを特徴とする請求項7記載の電子透かし検出方法。
- [10] Gap検出ステップ及び相関検出ステップで、検出値の上下限値を制限するクリップ処理を実行することを特徴とする請求項7記載の電子透かし検出方法。
- [11] Gap検出ステップ及び相関検出ステップで、検出対象画像中のシーンチェンジに同期して検出処理を実行することを特徴とする請求項7記載の電子透かし検出方法。
- [12] Gap検出ステップ及び相関検出ステップで、検出対象画像を構成する画像データのうちシーンチェンジに起因する画像の乱れを含む画像データを検出処理に使用しないことを特徴とする請求項11記載の電子透かし検出方法。
- [13] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を複数の画像領域に空間的に分割する分割処理部と、
画素値の変化が視認されにくい特性を有する画素を適応画素として上記画像領域ごとに抽出する適応抽出部と、

電子透かしの埋め込みビット値に応じて、上記画像領域間及び時間方向で上記適応画素の画素値を変化させる電子透かし情報を生成する透かし情報生成部と、

上記電子透かし情報に基づいて上記電子画像の画素値を変化させると共に、上記画像領域間の境界及び／又は時間方向で画素値変化の遷移が緩慢になるように段階的に変化させることにより電子透かし埋め込み画像を生成する埋め込み処理部とを備えた電子透かし埋め込み装置。

- [14] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を空間的に複数の画像領域に分割し、電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で画素値を変化させることにより電子透かしが埋め込まれた検出対象画像から上記埋め込みビットを検出する電子透かし検出装置において、

上記検出対象画像の画像領域ごとに電子透かし埋め込みによる時間方向での画素値変化に対応した画素値差分をGap値として検出するGap検出部と、

上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしによる上記画像領域間及び時間方向での画素値変化パターンと上記検出対象画像の時間方向での画素値変化パターンとの相関値を検出する相関検出部と、

上記Gap値及び上記相関値についての上記画像分割領域ごとの検出結果から上記埋め込みビットをそれぞれ判定し、これら判定結果を相補的に判断して最終的な埋め込みビットを決定する埋め込みビット判定部とを備えたことを特徴とする電子透かし検出装置。

- [15] Gap検出部は、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均の差分をGap値として算出することを特徴とする請求項14記載の電子透かし検出装置。

- [16] 相関検出部は、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均をリファレンス画像として逐次算出し、これらリファレンス画像における画素値変化パターンと上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしの画素値変化パターンとの相関値を算出することを特徴とする請求項14記載の電子透かし検出装置。

- [17] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を複数の画像領域に空間的に分割する分割

処理部、

画素値の変化が視認されにくい特性を有する画素を適応画素として上記画像領域ごとに抽出する適応抽出部、

電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で上記適応画素の画素値を変化させる電子透かし情報を生成する透かし情報生成部、

上記電子透かし情報に基づいて上記電子画像の画素値を変化させると共に、上記画像領域間の境界及び／又は時間方向で画素値変化の遷移が緩慢になるように段階的に変化させることにより電子透かし埋め込み画像を生成する埋め込み処理部としてコンピュータを機能させるプログラム。

- [18] 電子透かし埋め込み対象の電子画像を空間的に複数の画像領域に分割し、電子透かしの埋め込みビット値に応じて上記画像領域間及び時間方向で画素値を変化させることにより電子透かしが埋め込まれた検出対象画像から上記埋め込みビットを検出する電子透かし検出装置としてコンピュータを機能させるプログラムにおいて、

上記検出対象画像の画像領域ごとに電子透かし埋め込みによる時間方向での画素値変化に対応した画素値差分をGap値として検出するGap検出部、

上記検出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしによる上記画像領域間及び時間方向での画素値変化パターンと上記検出対象画像の時間方向での画素値変化パターンとの相関値を検出する相関検出部、

上記Gap値及び上記相関値についての上記画像分割領域ごとの検出結果から上記埋め込みビットをそれぞれ判定し、これら判定結果を相補的に判断して最終的な埋め込みビットを決定する埋め込みビット判定部

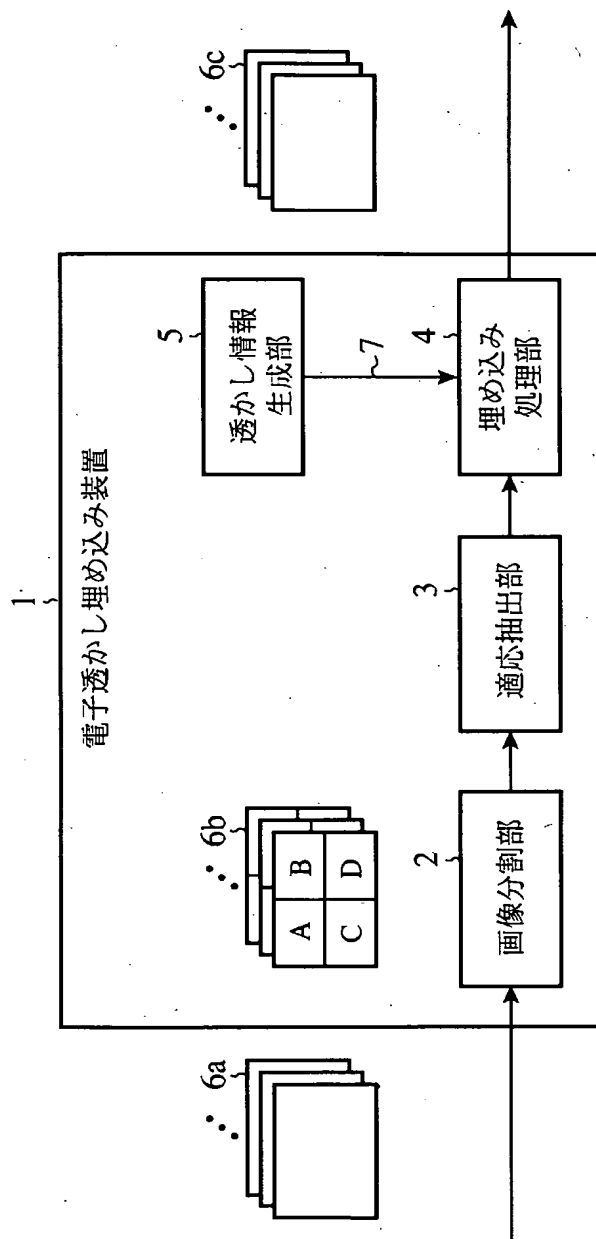
としてコンピュータを機能させるプログラム。

- [19] Gap検出部は、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均の差分をGap値として算出することを特徴とする請求項18記載のプログラム。

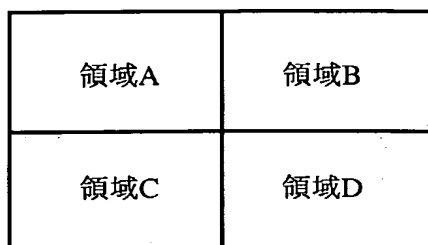
- [20] 相関検出部は、検出対象画像を構成する時間方向の画像データのうち、注目画像データに対して時間的に近傍に位置する画像データの画素値平均をリファレンス画像として逐次算出し、これらリファレンス画像における画素値変化パターンと上記検

出対象画像に埋め込まれるべき電子透かしの画素値変化パターンとの相関値を算出することを特徴とする請求項18記載のプログラム。

[図1]

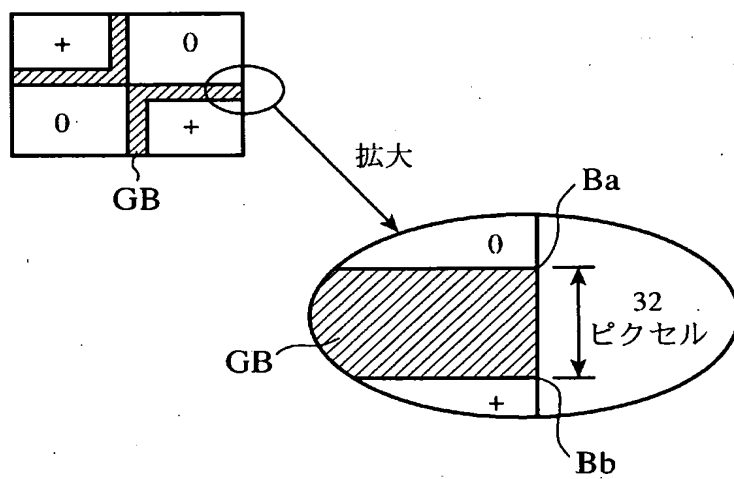


[図2]

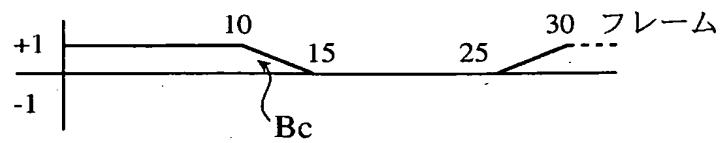


[図3]

(a)

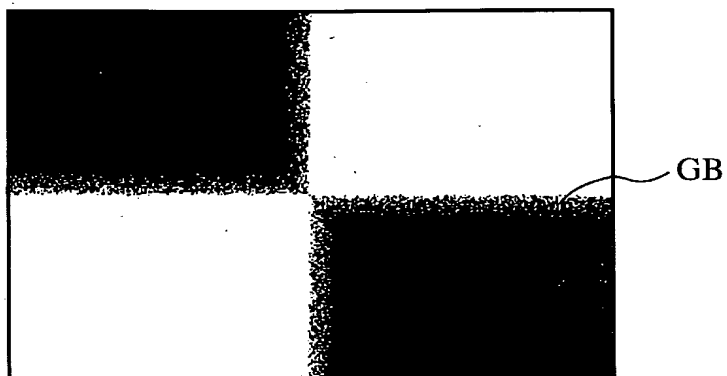


(b)

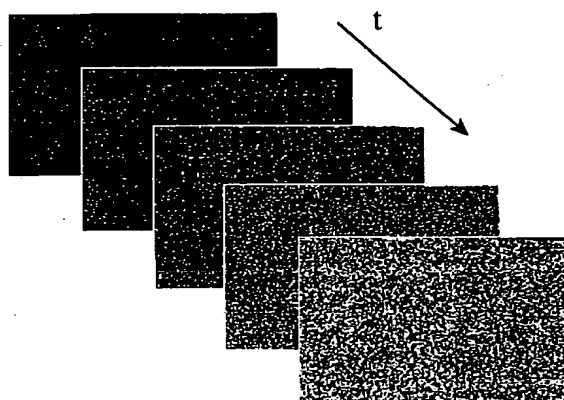


[図4]

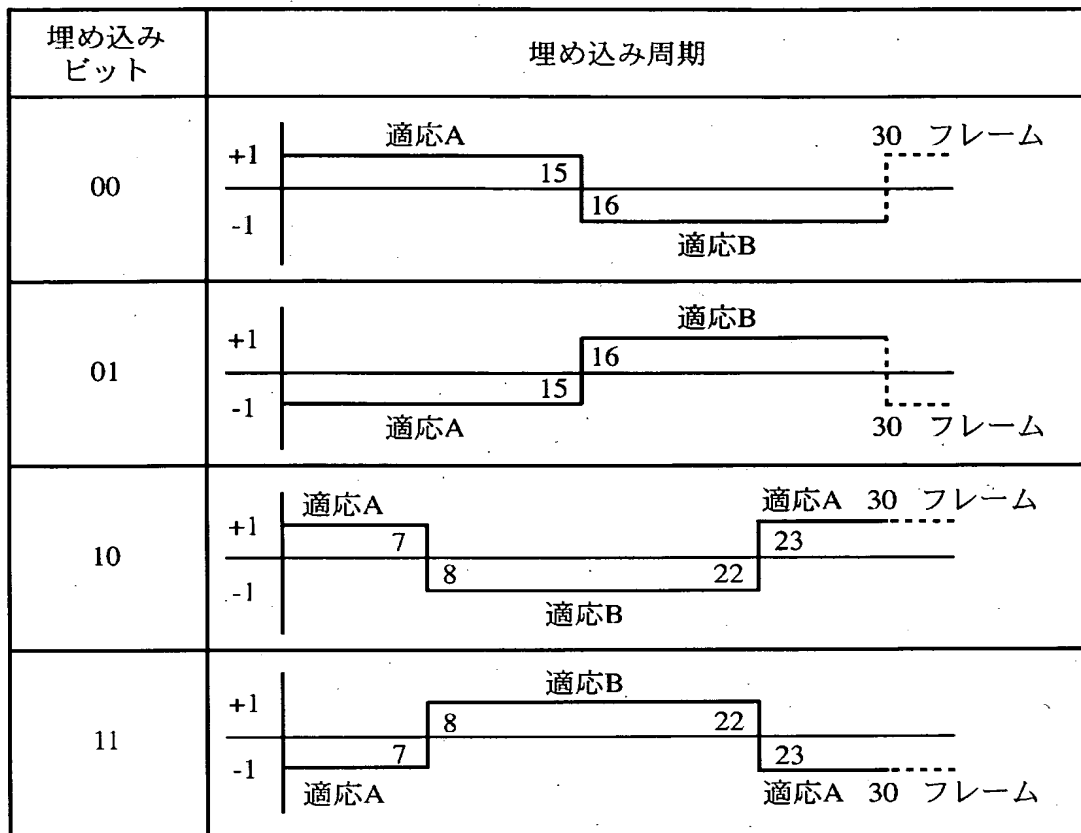
(a)



(b)



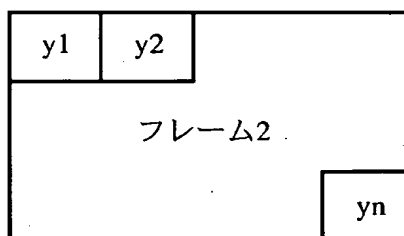
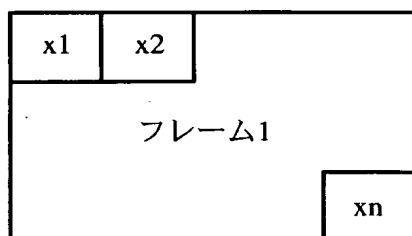
[図5]



[図6]

| 埋め込みビット | 適応A | | 適応B |
|---------|----------|-------------|----------|
| | 輝度値129以上 | 輝度値128以下 | 輝度値180以上 |
| 00 | +1 | Next 50% +1 | +1 |
| 01 | -1 | Next 50% -1 | -1 |
| 10 | +1 | Next 50% +1 | +1 |
| 11 | -1 | Next 50% -1 | -1 |

[図7]

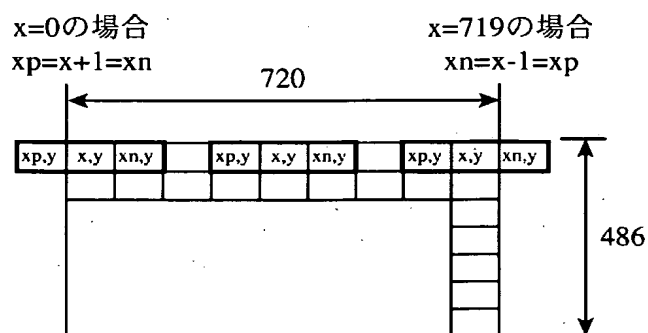


[図8]

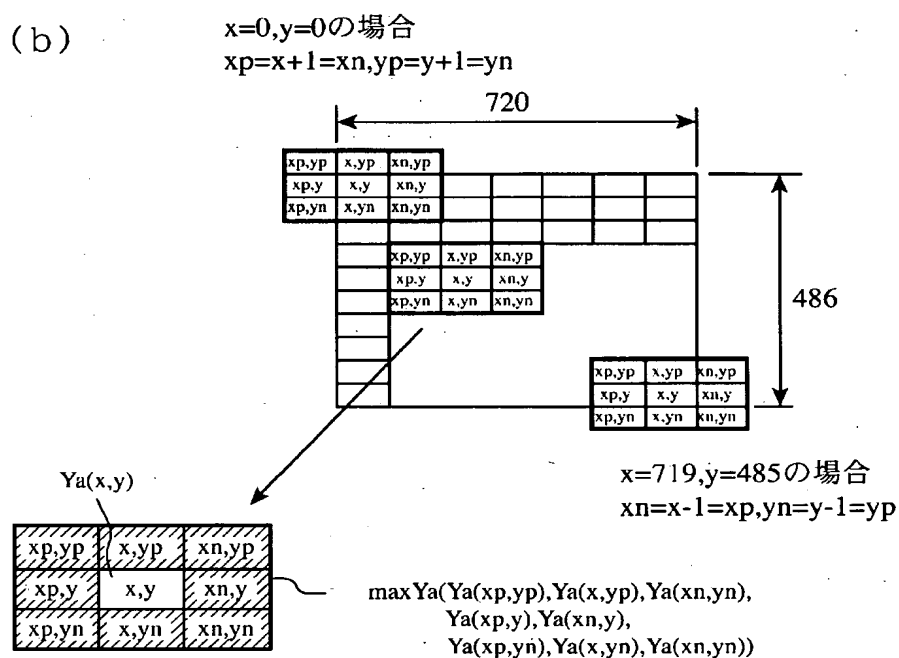
| 埋め込み ビット | フレーム 差分 | 適応A | | | 適応B |
|-------------|---------------------------|------------------|--------------------------|--------------------|-----|
| | | 輝度値 128 以上 | 輝度値 128未満 Next 50% | 輝度値 128未満 残り | |
| 00 | ≤ 2 | +1 | なし | なし | +1 |
| | $3 \leq \text{及び} \leq 7$ | +1 | +1 | なし | +1 |
| | ≥ 8 | +1 | +1 | +1 | +1 |
| 01 | ≤ 2 | -1 | なし | なし | -1 |
| | $3 \leq \text{及び} \leq 7$ | -1 | -1 | なし | -1 |
| | ≥ 8 | -1 | -1 | -1 | -1 |

[図9]

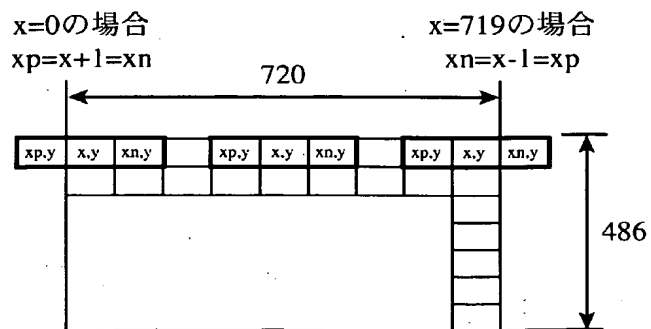
(a)



(b)



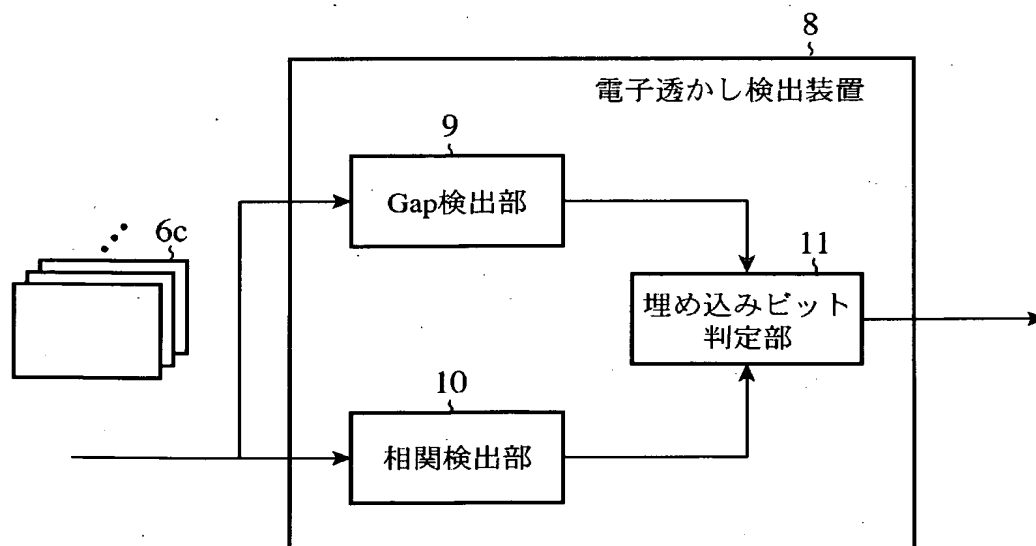
(c)



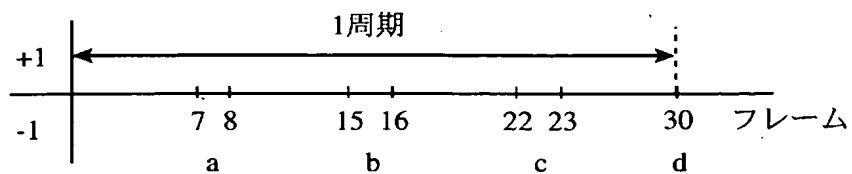
[図10]

| | 適応A | | 適応B |
|-----------|---------|---------|---------|
| エッジ度 (Yc) | 輝度128未満 | 輝度128以上 | 輝度180以上 |
| 10未満 | なし | なし | なし |
| 10以上 | なし | 1 | 1 |

[図11]



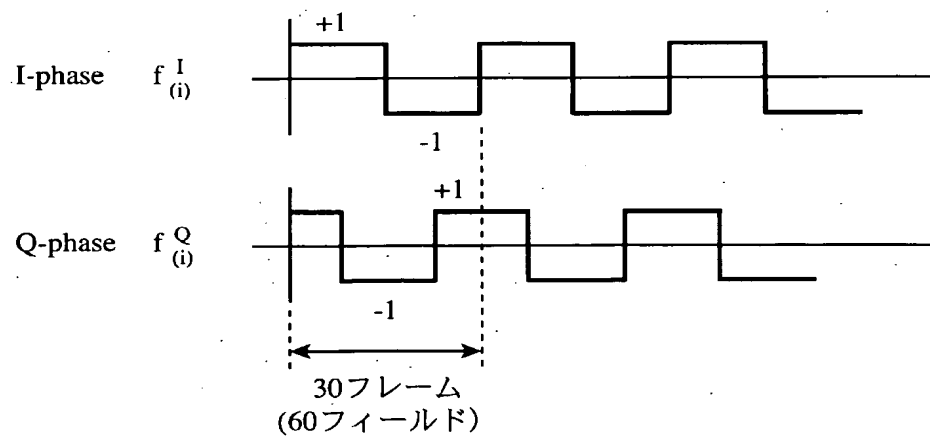
[図12]



[図13]

| 埋め込みビット | Gap _{ac} | Gap _{bd} |
|---------|---|-------------------|
| 未検出 | $ Z < 0.1$ または $ Z \times 2 \geq X $ | |
| 00 | Z | X |
| 01 | Z | -X |
| 10 | X | Z |
| 11 | -X | Z |

[図14]



[図15]

| 埋め込みビット | C(I) | C(Q) |
|---------|---|------|
| 未検出 | $ Z < 0.1$ または $ Z \times 2 \geq X $ | |
| 00 | X | Z |
| 01 | -X | Z |
| 10 | Z | X |
| 11 | Z | -X |

[図16]

| | | Gap検出 | | | | |
|------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| | | 00 | 01 | 10 | 11 | 未検出 |
| 相関検出 | 00 | 00 | 未検出 | 未検出 | 未検出 | 00 |
| | 01 | 未検出 | 01 | 未検出 | 未検出 | 01 |
| | 10 | 未検出 | 未検出 | 10 | 未検出 | 10 |
| | 11 | 未検出 | 未検出 | 未検出 | 11 | 11 |
| | 未検出 | 00 | 01 | 10 | 11 | 未検出 |

[図17]

| フレーム毎のGap及び相関 | クリップ値 |
|---------------|-------|
| < -1 | -1 |
| $> +1$ | +1 |

[図18]

